

EVALUASI PERHITUNGAN NERACA ENERGI *FINISH MILL* DI PT SEMEN INDONESIA PERSERO TBK TUBAN

Arian Suryo Dyatmiko dan Abdul Chalim

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia
ariansuryodyatmiko@gmail.com ; [chalim.polinema@gmail.com]

ABSTRAK

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) Multinasional Company di Indonesia bergerak dalam produksi semen dan non-semen. Semen adalah komoditas utama yang diproduksi pada PT Semen Indonesia (Persero) Tbk ini. Pada proses pembuatan semen di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk, produksi dilakukan dengan menggunakan proses kering. Teknologi ini memiliki keunggulan pada biaya operasi relatif rendah pada kapasitas produksi yang besar. Pembuatan semen memiliki beberapa tahapan, diantaranya adalah penyiapan bahan baku dan tambahan, pengolahan bahan, pembakaran dan pendinginan, penggilingan dan pengisian atau pengantongan semen. Sebelum memasuki tahap pengemasan, terdapat suatu unit alat bernama *Finish mill*. *Finish mill* merupakan unit penggilingan semen terakhir pada proses pembuatan semen. Pada alat ini, bahan pembentuk semen yaitu *clinker* digiling dan dicampur dengan gypsum dan *trass*. Jenis *finish mill* yang digunakan berupa *horizontal ball mill* yang didalamnya terdapat bola-bola penggiling untuk memperkecil ukuran partikel semen menjadi 325 mesh. Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui banyaknya energi yang dibutuhkan *finish mill* pada proses pembuatan semen. *Finish mill* memiliki 5 buah aliran yang terbagi menjadi 3 aliran masuk dan 2 aliran keluar. Aliran masuk berupa aliran umpan (F1), *water spray* (F2), dan gas panas (F3) serta aliran keluar berupa produk semen (F4) dan gas buang (F5). Pada masing – masing aliran tersebut didapatkan hasil berturut – turut sebesar 233,00 ton/jam; 3,02 ton/jam; 900,74 ton/jam; 204,13 ton/jam; 932,63 ton/jam.

Kata kunci: *finish mill*, neraca massa, semen

ABSTRACT

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. is a State-Owned Enterprise (BUMN) Multinational Company in Indonesia engaged in the production of cement and non-cement. Cement is the main commodity produced at PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. In the cement manufacturing process at PT Semen Indonesia (Persero) Tbk, production is carried out using a dry process. This technology has the advantage of relatively low operating costs at large production capacities. The manufacture of cement has several stages, including the preparation of raw and additional materials, processing materials, burning, and cooling, grinding and filling, or bagging cement. Before entering the packaging stage, there is a tool unit called the Finish mill. The finish mill is the final cement grinding unit in the cement manufacturing process. In this tool, the cement-forming material, namely clinker, is ground and mixed with gypsum and trass. The type of finish mill used is a horizontal ball mill in which there are grinding balls to reduce the cement particle size to 325 mesh. The purpose of this study was to determine the amount of energy required for the finish mill in the cement manufacturing process. finish mill has 5 streams which are divided into 3 inflows and 2 outflows. The inflow is in the form of feed stream (F1), water spray (F2), and hot gas (F3,) and the outflow is cement product (F4) and exhaust gas (F5). In each of these streams, the results obtained successively of 233.00 tons/hour; 3.02 tons/hour; 900.74 tons/hour; 204.13 tons/hour; 932.63 tons/hour.

Keywords: *finish mill*, mass balance, cement

1. PENDAHULUAN

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) Multinasional Company di Indonesia yang bergerak dalam produksi utama semen dan non-semen. PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. didirikan pada tahun 1957 di Gresik, dengan nama NV Semen Gresik dengan tujuan memenuhi kebutuhan semen selama 60 tahun operasi dengan kapasitas 250.000 ton/tahun. Pada tahun 1961, pabrik semen menambah kapasitas pabrik hingga 375.000 ton/tahun, dan bertambah menjadi 500.000 ton/tahun pada 1972. Selanjutnya dilakukan kembali perluasan pada 1979 dengan mendirikan pabrik proses kering berkapasitas 1.000.000 ton/tahun [1].

Semen adalah perekat hidraulis bahan bangunan. Umumnya terdiri dari 3 bahan dasar yaitu *clinker*, *gypsum*, dan material lainnya seperti batu kapur, *pozzolan*, dan *fly ash*. PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. merupakan perusahaan yang memproduksi beberapa jenis semen sesuai kebutuhan konsumen. Jenis semen yang diproduksi adalah Semen Portland Tipe I atau *Ordinary Portland Cement (OPC)*, Semen Portland Tipe II, Semen Portland Tipe III, Semen Portland Tipe IV, Semen Portland Tipe V, *Portland Pozzoland Cement (PPC)*, *Portland Composite Cement (PCC)*, *Super Mansory Cement (SMC)*, dan *Oil Well Cement (OWC)*. Produk semen yang telah diproduksi dipasarkan dalam bentuk kemasan zak (kg) dan juga dalam bentuk curah yang memiliki kapasitas lebih besar dengan lingkup pendistribusian di dalam negeri untuk memenuhi kebutuhan pasar. Setelah kebutuhan dalam negeri tercukupi, produk juga dapat diekspor ke luar negeri [2].

Salah satu unit pada proses pembuatan semen di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. adalah *finish mill*. *Finish mill* merupakan unit penggilingan semen terakhir dimana bahan-bahan pembuatan semen yaitu *clinker* digiling bersamaan dengan *gypsum* dan *trass*. *Finish mill* terbagi menjadi dua golongan besar yaitu *horizontal mill* dan *vertical mill*. Perbedaan antara kedua jenis *finish mill* tersebut terletak pada komponen utama di unit penggilingannya. Pada PT Semen Indonesia (Persero) Tbk, jenis *finish mill* yang digunakan adalah *horizontal ball mill* yang didalamnya terdapat bola-bola penggiling yang berfungsi untuk memperkecil ukuran semen [3].

Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi perhitungan neraca massa dan neraca panas *finish mill* untuk mengetahui komposisi dan laju alir bahan serta kebutuhan panas yang masuk dan keluar dalam proses, sehingga dapat mengetahui banyaknya energi yang dibutuhkan dalam basis satu jam operasi pada proses pembuatan semen di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian pada unit *finish mill plant* Tuban 3-4 ini dilakukan dengan tahapan studi literatur, pengumpulan data dan tahap pengolahan data.

2.1. Studi Literatur

Tahap studi literatur dilakukan dengan memahami literatur – literatur tentang aliran masuk dan keluar yang ada pada unit *finish mill plant* Tuban 3-4. Aliran masuk dan keluar ini perlu dipahami untuk melancarkan pengumpulan data dan pengolahan data yang akan dilakukan selanjutnya.

2.2. Pengumpulan Data

Data yang diperlukan untuk melakukan perhitungan neraca energi pada *finish mill* yaitu laju alir dan komposisi aliran masuk dan keluar, selain data tersebut terdapat data pendukung berupa data suhu gas panas, kapasitas panas spesifik, dan entalpi. Data tersebut didapatkan dari seksi evaluasi proses dan seksi pengendalian proses. Data tersebut ditunjukkan pada Tabel 3.1 hingga Tabel 3.7 sebagai berikut.

Tabel 2.1. Data laju alir, komposisi, dan suhu umpan

Komposisi	%wt	T (°C)
Klinker	64%	120
Trass	4%	28
Gypsum	3%	28
Dolomit	23%	28
Fly ash	3%	28
H ₂ O	3%	28
Laju alir umpan	233 ton/jam	

[1]

Tabel 2.2. Komposisi klinker

Komponen	%wt
C3S	59%
C2S	18%
C3A	10%
C4AF	11%
CaO	1%
Total	100%

[1]

Tabel 2.3. Komposisi trass

Komponen	%wt
SiO ₂	57,91%
Al ₂ O ₃	19,76%
Fe ₂ O ₃	4,25%
CaO	4,93%
MgO	1,45%
K ₂ O	6,91%
Na ₂ O	4,14%
TiO ₂	0,64%
Total	100,00%

[1]

Tabel 2.4 Laju alir, komposisi, dan suhu gas panas

Laju alir	700000	Nm ³ /jam
Persen massa O ₂ dalam udara	23,3%	g/g
Persen massa N ₂ dalam udara	76,7%	g/g
Suhu	130	°C

[1]

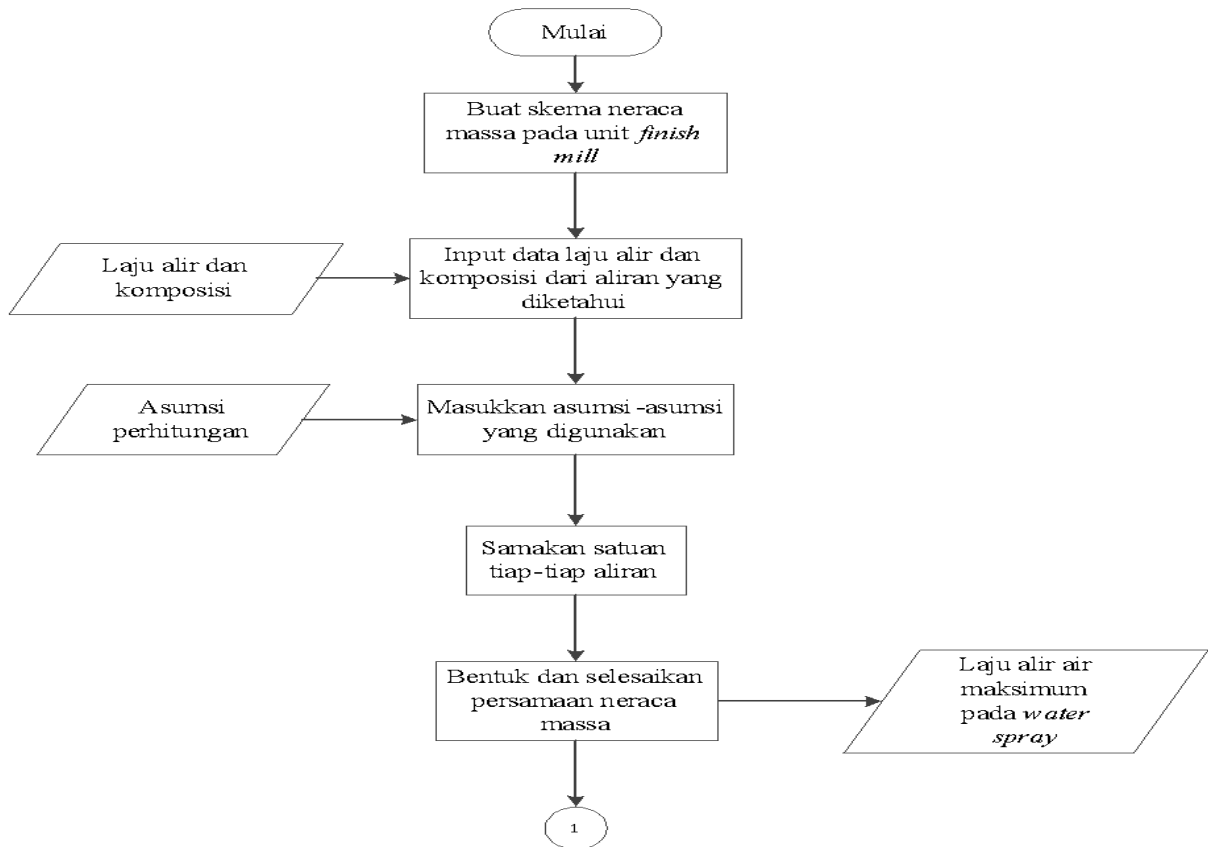
Tabel 2.5 Kapasitas panas spesifik

Komponen	Cp = A + B*T + C/T ² (cal/mol K)		
	A	B	C
SiO ₂	10,87	0,008712	-241200
Al ₂ O ₃	22,08	0,00897	-552500
Fe ₂ O ₃	24,72	0,001604	-423400
CaCO ₃	19,68	0,01189	-307600
MgCO ₃	16,9	0	0
H ₂ O (l)	4,2	0	0
N ₂	6,5	0,001	0
O ₂	8,27	0,000258	-187700
H ₂ O (l)	4,2	0	0
CaO	10	0,00484	-108000
MgO	10,86	0,001197	-208700
TiO ₂	11,81	0,00745	-41900
H ₂ O (g)	8,22	0,00015	0.000000134
SO ₂	7,7	0,0053	0,000000083

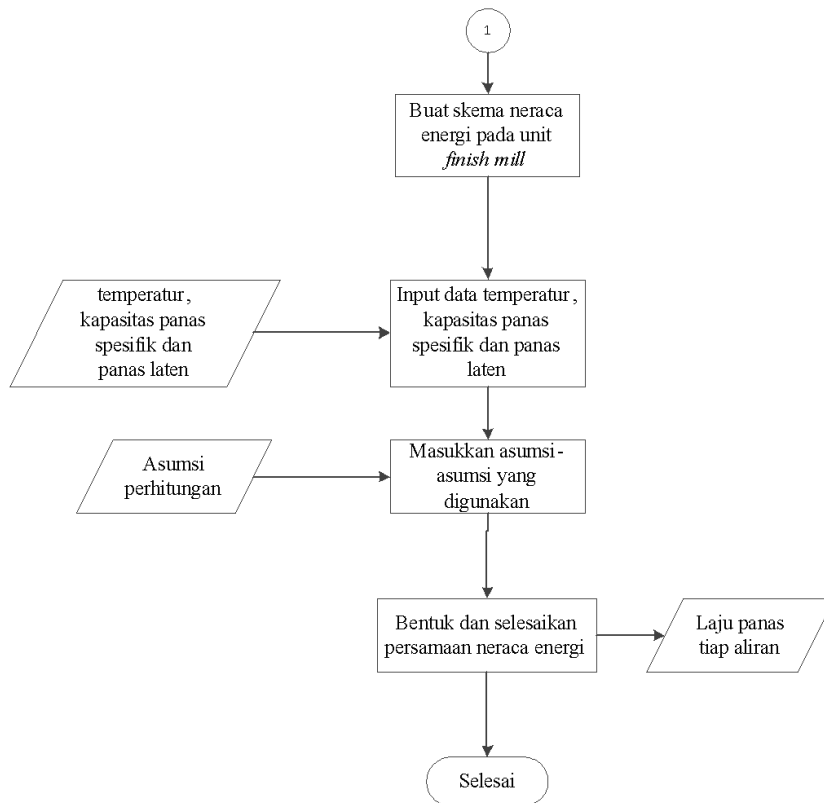
[1]

2.3. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan langkah – langkah yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 dan 2.2 sebagai berikut:



Gambar 2.1 Langkah-langkah pengolahan data



Gambar 2.2 Langkah-langkah pengolahan data

2.4. Neraca Massa

Penentuan laju alir dilakukan untuk mengetahui jumlah produk yang akan diproduksi setiap jam. Perhitungan yang dilakukan menggunakan data yang sudah diperoleh dari unit *finish mill*. Dasar perhitungan neraca massa adalah berdasarkan banyaknya bahan yang masuk ke dalam sistem dan keluar dari sistem. Rumus perhitungan dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut:

$$\text{Massa total} = \text{Massa masuk sistem} - \text{massa keluar sistem} \quad (1)$$

Rumus tersebut hanya dapat digunakan apabila sistem tidak mengandung reaksi. Untuk menghitung neraca massa, hal yang harus diketahui yaitu data – data yang akan diolah, seperti data bahan masuk dan data bahan keluar dari sistem. Setelah didapatkan data tersebut, langkah selanjutnya adalah membuat diagram proses sederhana dengan mencantumkan keterangan bahan masuk dan keluar dari sistem. Lalu menentukan basis perhitungan dengan memilih salah satu laju alir yang terdapat pada proses. Kemudian basis tersebut dikonversikan menjadi laju alir massa per satuan waktu.

2.5 Neraca Panas

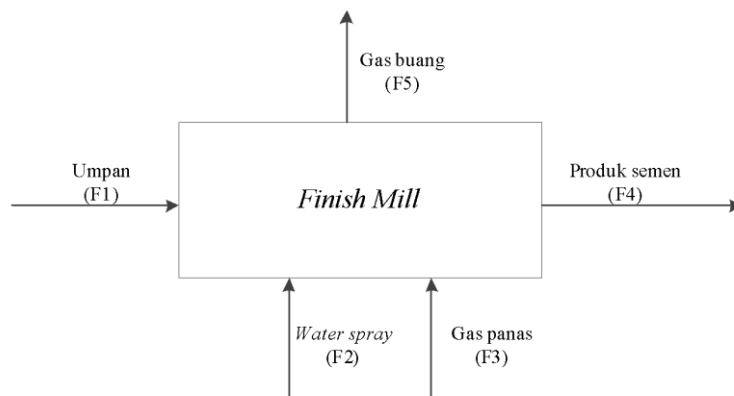
Berikut adalah persamaan untuk neraca massa.

$$Q = m \cdot Cp \cdot \Delta t \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam menentukan banyaknya bahan masuk dan keluar dari *finish mill*, langkah yang dilakukan adalah menghitung neraca massa. Bahan – bahan berupa klinker, *trass*, *gypsum*, dolomit dan *fly ash* dimasukkan ke dalam *finish mill* sebagai umpan atau *feed*. Adapun air dan gas juga ditambahkan dengan menggunakan *water spray* dan pipa yang menghubungkan ke dalam mesin *horizontal mill*. Produk yang dihasilkan dari proses *finish mill* berupa semen dan gas buang, terdiri dari uap air, debu dan juga udara bekas pemanasan. Berikut adalah gambar 3.1 diagram alir proses neraca massa yang ada di unit *finish mill*:

Dengan notasi aliran sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram alir proses neraca massa *finish mill*

Keterangan:

F1 = aliran umpan

F2 = aliran air dari water spray

F3 = aliran gas panas

F4 = aliran produk semen

F5 = aliran gas buang

Tabel 3.1. Laju alir dan komposisi aliran pada *finish mill*

Aliran	Komponen	%wt	F (ton/jam)
Umpan	Klinker	64,00%	149,12
	<i>Trass</i>	4,40%	10,25
	<i>Gypsum</i>	2,52%	5,87
	Dolomit	23,33%	54,35
	<i>Fly ash</i>	3,00%	6,99
	H ₂ O	2,76%	6,42
	Total	100,00%	233,00
Water spray	H ₂ O	100,00%	3,02
	Total	100,00%	3,02
Gas panas	O ₂	23,30%	209,88
	N ₂	76,70%	690,86
	Total	100,00%	900,74
Total aliran masuk			1.136,76 ton/jam
Produk Semen	Klinker	65,75%	134,21
	<i>Trass</i>	4,52%	9,23
	<i>Gypsum</i>	2,59%	5,28
	Dolomit	23,96%	48,91
	<i>Fly ash</i>	3,08%	6,29
	H ₂ O	0,10%	0,20
	Total	100,00%	204,13
Gas buang	Klinker	1,60%	14,91
	<i>Trass</i>	0,11%	1,03
	<i>Gypsum</i>	0,06%	0,59
	Dolomit	0,58%	5,43
	<i>Fly ash</i>	0,07%	0,70
	H ₂ O	0,99%	9,23
	O ₂	22,50%	209,88
N ₂	74,08%	690,86	
Total	100,00%	932,63	
Total aliran keluar			1136,76 ton/jam

[1]

Perhitungan neraca massa pembuatan semen pada unit *finish mill* di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. dilakukan dengan basis satu jam operasi. Pada proses pembuatan semen, *finish mill* yang berupa *horizontal ball mill* berfungsi untuk memperkecil ukuran partikel semen hingga terbentuk produk akhir semen berukuran 325 mesh.

Terdapat lima aliran berupa tiga aliran masuk dan dua aliran keluar. Berdasarkan perhitungan, pada aliran masuk didapatkan laju alir maksimum umpan (F1) sebesar 233 ton/jam; laju alir dari water spray (F2) sebesar 3,02 ton/jam; dan laju alir gas panas (F3) sebesar 900,74 ton/jam.

Pada aliran keluar terdapat 2 aliran yaitu produk semen (F4) dan gas buang (F5). Pada aliran keluar produk semen (F4) didapatkan laju alir sebesar 204,13 dan pada aliran gas buang didapatkan laju alir sebesar 932,63 ton/jam. Sehingga jika ditotal, diperoleh perhitungan neraca massa masuk *balance* dengan massa keluar, yaitu sama – sama sebesar 1136,76 ton/jam. Produk semen lolos kualifikasi kemudian masuk ke silo dan siap untuk dikemas.

Selain perhitungan neraca massa, dilakukan juga perhitungan neraca energi pada unit *finish mill*. Skema dari neraca energi *finish mill* ditunjukkan pada gambar 3.2 sebagai berikut:



Gambar 3.2 Skema neraca energi *finish mill*

Dari hasil perhitungan, terdapat panas yang terbuang dari sistem sebesar $7,43 \cdot 10^5$ kJ/jam. Hal ini menunjukkan bahwa mesin bersifat tidak adiabatik sehingga panas yang masuk ada yang berpindah ke lingkungan. Panas tersebut dapat berpindah melalui perpindahan panas secara konveksi dan radiasi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada alur proses *finish mill* terdapat 5 buah aliran yang terbagi menjadi 3 aliran masuk berupa aliran umpan (F1), water spray (F2), dan gas panas (F3) dan 2 aliran keluar berupa produk semen (F4) dan gas buang (F5). Pada masing – masing aliran tersebut didapatkan hasil berturut – turut sebesar 233,00 ton/jam; 3,02 ton/jam; 900,74 ton/jam; 204,13 ton/jam; 932,63 ton/jam. Hasil perhitungan neraca panas didapatkan hasil panas terbuang dari sistem sebesar $7,43 \cdot 10^5$ kJ/jam.

REFERENSI

- [1] R. G. Laiqi, "Aktivitas Humas Dalam Rebranding Pt Semen Gresik (Persero) Tbk Menjadi

- PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk,” 2013.
- [2] E. Mulyani, “Produksi, Konsumsi Semen Dan Bahan Bakunya Di Indonesia Periode 1997 – 2009 Dan Prospeknya 2010 – 2015,” *Tekno. Miner. Dan Batubara*, No. April 2011, Pp. 82–89, 2011.
- [3] H. Kusumawati dan Nasution, “Pabrik Semen Indonesia Tuban 1994-2013” *Avatara*, Vol. 9, No. 1, 2020
- [4] Abdul R Saliman, Op.Cit, “Bab II Tinjauan Umum Mengenai,” Pp. 16–37, 2017.
- [5] A. Zahidin and L. Rubianto, “Perhitungan Neraca Massa, Neraca Panas Dan Efisiensi Pada Rotary Kiln Unit Kerja Rkc 3 Pt Semen Indonesia (Persero) Tbk.,” *Distilat J. Teknol. Separasi*, Vol. 6, No. 2, Pp. 309–315, 2020, Doi: 10.33795/Distilat.V6i2.114.
- [6] A. R. Ramadhanti and S. Santosa, “Persen Yield (%Yield) Sebagai Parameter Evaluasi Proses Kinerja Raw Mill Pada Industri Semen,” *Distilat J. Teknol. Separasi*, Vol. 5, No. 1, Pp. 24–28, 2019, Doi: 10.33795/Distilat.V5i1.11.
- [7] M. F. Fadilah, D. Purnama, and W. Zamrudy, “Pengaruh Waktu Hidrasi Dan Methyl Cellulose Terhadap Kuat Tekan Dan Water Retension Dalam Pembuatan Semen Instan,” *Distilat J. Teknol. Separasi*, Vol. 5, No. 2, Pp. 222–227, 2019, Doi: 10.33795/Distilat.V5i2.43.
- [8] D. Purnama, M. Faisal, W. Zamrudy, and J. T. Kimia, “Pengaruh Kadar Methyl Cellulose Dan Rasio Air-,” Vol. 5, No. 9, Pp. 157–163, 2019.
- [9] F. U. Distantina, Sperisa (Teknik Kimia, “Neraca Panas,” Pp. 1–9, 2016.
- [10] A. Zahidin and L. Rubianto, “Perhitungan Neraca Massa, Neraca Panas Dan Efisiensi Pada Rotary Kiln Unit Kerja Rkc 3 Pt Semen Indonesia (Persero) Tbk.,” *Distilat J. Teknologi. Separasi*, Vol.6, No. 2, Pp. 309–315, 2020, Doi: 10.33795/Distilat.V6i2.114.
- [11] R. M. Abarca, “Pengumpulan Dan Pengolahan Data Di Pt. Semen Indonesia (Persero) Tbk,” *Nuevos Sist. Comun. E Inf.*, Pp. 2013–2015, 2021.
- [12] M. Rizky and E. K. A. Permata, “Analisis Keandalan Pada 542 Fn7 Finish Mill 2 Pabrik Tuban 1 PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Dengan Pendekatan Metode Reliability Centered Maintenance Reliability Analysis Of 542 Fn7 Finish Mill 2 Pabrik Tuban 1 Pt. Semen Indonesia (Persero) Tbk,” 2016.
- [13] K. Peray, “Cement Manufacturer’s Hand Book.” P. 394, 1979.
- [14] R. H. Perry, D. W. Green, And J. O. Maloney, *Transport and Storage of Fluids*. 1997.
- [15] Zamrudy, W., 2012, Modul Teknologi Semen, Malang: Politeknik Negeri Malang.